

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

25.05.2004

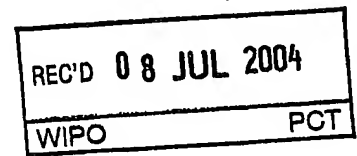
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 7月31日

出願番号  
Application Number: 特願2003-204874  
[ST. 10/C]: [JP 2003-204874]

出願人  
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

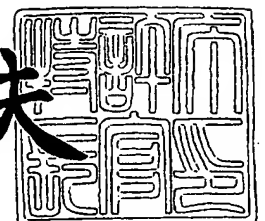


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 1031352  
【提出日】 平成15年 7月31日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H02M 7/48  
H02J 7/00  
H02M 3/155

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 岡村 賢樹

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100064746

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100085132

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 俊雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100112715

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 松山 隆夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100112852

【弁理士】

【氏名又は名称】 武藤 正

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0209333

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電圧変換装置および電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 出力電圧が目標電圧になるように直流電源からの直流電圧を前記出力電圧に変換する電圧変換装置であって、

前記直流電圧の電圧レベルを変えて出力電圧を出力する電圧変換器と、

前記電圧変換器から出力された出力電圧を検出する検出手段と、

前記目標電圧と前記検出された出力電圧との第 1 の偏差が所定値よりも大きいとき前記電圧変換器の指令電圧と前記出力電圧との第 2 の偏差が小さくなるように前記指令電圧を変化させ、前記出力電圧が前記目標電圧になるように前記電圧変換器をフィードバック制御する制御手段とを備える電圧変換装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記検出された出力電圧が前記目標電圧よりも低下した場合、第 1 および第 2 のフィードバック制御により前記出力電圧が前記目標電圧になるように前記電圧変換器を制御し、

前記第 1 のフィードバック制御は、前記第 2 の偏差が前記所定値以下になるように前記指令電圧を変化させて前記電圧変換器をフィードバック制御することであり、

前記第 2 のフィードバック制御は、前記検出された出力電圧が低下から上昇に転じると前記指令電圧の変化率が基準値以下になるように前記指令電圧を変化させて前記電圧変換器をフィードバック制御することである、請求項 1 に記載の電圧変換装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、前記第 1 の偏差が前記所定値よりも大きいとき、前記検出された出力電圧に前記所定値を加えた値を前記指令電圧として前記第 1 のフィードバック制御を行なう、請求項 2 に記載の電圧変換装置。

【請求項 4】 前記出力電圧は、交流モータを駆動するインバータに入力される、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電圧変換装置。

【請求項 5】 前記交流モータは、車両用モータである、請求項 4 に記載の電圧変換装置。

【請求項 6】 出力電圧が目標電圧になるように直流電源からの直流電圧を前記出力電圧に変換する電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、

前記出力電圧を検出する第 1 のステップと、

前記目標電圧と前記検出された出力電圧との第 1 の偏差が所定値よりも大きいとき、前記直流電圧を前記出力電圧に変換する電圧変換器の指令電圧と前記出力電圧との第 2 の偏差が小さくなるように前記指令電圧を変えて前記電圧変換器をフィードバック制御する第 2 のステップとをコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 7】 前記第 2 のステップは、

前記第 1 の偏差を演算する第 1 のサブステップと、

前記第 1 の偏差が前記所定値よりも大きいことを検出する第 2 のサブステップと、

前記第 2 の偏差が前記所定値以下になるように前記指令電圧を変化させて前記電圧変換器をフィードバック制御する第 3 のサブステップと、

前記検出された出力電圧が低下から上昇に転じると、前記指令電圧の変化率が基準値以下になるように前記指令電圧を変化させて前記電圧変換器をフィードバック制御する第 4 のサブステップとを含む、請求項 6 に記載のコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 8】 前記第 3 のサブステップは、

前記検出された出力電圧に前記所定値を加えて前記指令電圧を演算するステップと、

前記演算された指令電圧を用いて前記電圧変換器をフィードバック制御するステップとを含む、請求項 7 に記載のコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 9】 前記第 4 のサブステップは、

前記出力電圧が低下から上昇に転じたことを検出するステップと、

第 1 の制御タイミングにおける第 1 の指令電圧と前記第 1 の制御タイミングよりも前の第 2 の制御タイミングにおける第 2 の指令電圧との差分を演算するステ

ップと、

前記差分を前記基準値と比較するステップと、

前記差分が前記基準値よりも大きいとき、前記第2の指令電圧に前記基準値を加えた値を前記第1の指令電圧として演算するステップと、

前記差分が前記基準値以下であるとき、前記検出された出力電圧に前記所定値を加えた値を前記第1の指令電圧として演算するステップと、

前記演算された第1の指令電圧により前記電圧変換器をフィードバック制御するステップとを含む、請求項7または請求項8に記載のコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、直流電源からの直流電圧を目標電圧に変換する電圧変換装置および直流電圧を目標電圧に変換する電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

最近、環境に配慮した自動車としてハイブリッド自動車 (Hybrid Vehicle) および電気自動車 (Electric Vehicle) が大きな注目を集めている。そして、ハイブリッド自動車は、一部、実用化されている。

#### 【0003】

このハイブリッド自動車は、従来のエンジンに加え、直流電源とインバータとインバータによって駆動されるモータとを動力源とする自動車である。つまり、エンジンを駆動することにより動力源を得るとともに、直流電源からの直流電圧をインバータによって交流電圧に変換し、その変換した交流電圧によりモータを回転することによって動力源を得るものである。また、電気自動車は、直流電源とインバータとインバータによって駆動されるモータとを動力源とする自動車である。

## 【0004】

このようなハイブリッド自動車または電気自動車においては、直流電源からの直流電圧を昇圧コンバータによって昇圧し、その昇圧した直流電圧がモータを駆動するインバータに供給されることも検討されている（特許文献1）。

## 【0005】

すなわち、ハイブリッド自動車または電気自動車は、双方向コンバータと、インバータとを備えるモータ駆動装置を搭載している。双方向コンバータは、インバータの電源ラインとアースラインとの間に直列に接続された2つのIGBTと、一方端が2つのIGBTの中間点に接続され、かつ、他方端がバッテリーの正極に接続されリアクトルL1とを含む。

## 【0006】

双方向コンバータは、出力電圧が電圧指令に一致するようにバッテリーから供給された直流電圧を昇圧し、その昇圧した出力電圧をインバータへ供給する。そして、双方向コンバータにより出力電圧が電圧指令に一致するように直流電圧を出力電圧へ昇圧する場合、制御部は、PI制御ゲインを用いたフィードバック制御を行なう。インバータは、双方向コンバータから供給された直流電圧によってモータを駆動する。

## 【0007】

このように、従来のモータ駆動装置は、バッテリーからの直流電圧を昇圧し、その昇圧した直流電圧によりモータを駆動する。

## 【0008】

## 【特許文献1】

特開 2001-275367号公報

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来のモータ駆動装置においては、モータの負荷変動により双方向コンバータの出力電圧が変動した場合に出力電圧を指令電圧に一致するようにフィードバック制御すると過電圧および過電流が発生するという問題がある。

## 【0010】

図10は、電圧のタイミングチャートである。図10を参照して、モータの負荷が増加すると、双方向コンバータの出力電圧は、電圧指令よりも低下し、電圧指令と出力電圧との偏差が大きくなる。

#### 【0011】

このような場合、偏差に応じて決定された比例ゲインおよび積分ゲインを用いてフィードバック制御を行なうと双方向コンバータの出力電圧が過電圧レベルを超え、過電圧および過電流が発生するという問題がある。すなわち、比例ゲインは、偏差に応じて大きくなり、積分ゲインは、偏差の積算により大きくなるため、双方向コンバータの出力電圧が急激に上昇し、過電圧レベルを超える。その結果、過電圧および過電流が発生する。

#### 【0012】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、過電圧および過電流の発生を抑制して出力電圧が指令電圧になるように直流電圧を出力電圧に変換する電圧変換装置を提供することである。

#### 【0013】

また、この発明の別の目的は、過電圧および過電流の発生を抑制して出力電圧が指令電圧になるように直流電圧を出力電圧に変換する電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することである。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段および発明の効果】

この発明によれば、電圧変換装置は、出力電圧が目標電圧になるように直流電源からの直流電圧を出力電圧に変換する電圧変換装置であって、電圧変換器と、検出手段と、制御手段とを備える。電圧変換器は、直流電圧の電圧レベルを変えて出力電圧を出力する。検出手段は、電圧変換器から出力された出力電圧を検出する。制御手段は、目標電圧と検出された出力電圧との第1の偏差が所定値よりも大きいとき電圧変換器の指令電圧と出力電圧との第2の偏差が小さくなるように指令電圧を変化させ、出力電圧が目標電圧になるように電圧変換器をフィードバック制御する。



## 【0015】

好ましくは、制御手段は、検出された出力電圧が目標電圧よりも低下した場合、第1および第2のフィードバック制御により出力電圧が目標電圧になるように電圧変換器を制御する。そして、第1のフィードバック制御は、第2の偏差が所定値以下になるように指令電圧を変化させて電圧変換器をフィードバック制御することである。また、第2のフィードバック制御は、検出された出力電圧が低下から上昇に転じると指令電圧の変化率が基準値以下になるように指令電圧を変化させて電圧変換器をフィードバック制御することである。

## 【0016】

好ましくは、制御手段は、第1の偏差が所定値よりも大きいとき、検出された出力電圧に所定値を加えた値を指令電圧として第1のフィードバック制御を行なう。

## 【0017】

好ましくは、出力電圧は、交流モータを駆動するインバータに入力される。

好ましくは、交流モータは、車両用モータである。

## 【0018】

また、この発明によれば、出力電圧が目標電圧になるように直流電源からの直流電圧を出力電圧に変換する電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体は、出力電圧を検出する第1のステップと、目標電圧と検出された出力電圧との第1の偏差が所定値よりも大きいとき、直流電圧を出力電圧に変換する電圧変換器の指令電圧と出力電圧との第2の偏差が小さくなるように指令電圧を変えて電圧変換器をフィードバック制御する第2のステップとをコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体である。

## 【0019】

好ましくは、第2のステップは、第1の偏差を演算する第1のサブステップと、第1の偏差が所定値よりも大きいことを検出する第2のサブステップと、第2の偏差が所定値以下になるように指令電圧を変化させて電圧変換器をフィードバック制御する第3のサブステップと、検出された出力電圧が低下から上昇に転じ

ると、指令電圧の変化率が基準値以下になるように指令電圧を変化させて電圧変換器をフィードバック制御する第4のサブステップとを含む。

#### 【0020】

好ましくは、第3のサブステップは、検出された出力電圧に所定値を加えて指令電圧を演算するステップと、演算された指令電圧を用いて電圧変換器をフィードバック制御するステップとを含む。

#### 【0021】

好ましくは、第4のサブステップは、出力電圧が低下から上昇に転じたことを検出するステップと、第1の制御タイミングにおける第1の指令電圧と第1の制御タイミングよりも前の第2の制御タイミングにおける第2の指令電圧との差分を演算するステップと、差分を基準値と比較するステップと、差分が基準値よりも大きいとき、第2の指令電圧に基準値を加えた値を第1の指令電圧として演算するステップと、差分が基準値以下であるとき、検出された出力電圧に所定値を加えた値を第1の指令電圧として演算するステップと、演算された第1の指令電圧により電圧変換器をフィードバック制御するステップとを含む。

#### 【0022】

この発明による電圧変換装置においては、電圧変換器の目標電圧と出力電圧との第1の偏差が所定値よりも大きいとき、電圧変換器の指令電圧を変化させて電圧変換器のフィードバック制御が行なわれる。すなわち、電圧変換器の指令電圧を目標電圧に固定した場合に比べ、出力電圧と指令電圧との偏差およびその累積された偏差を小さくしてフィードバック制御が行なわれる。

#### 【0023】

したがって、この発明によれば、出力電圧が目標電圧になるようにフィードバック制御した場合に過電圧および過電流が発生するのを抑制できる。

#### 【0024】

また、この発明による電圧変換装置においては、出力電圧が目標電圧よりも低下した場合、出力電圧が低下から上昇に転じると、指令電圧の変化率が基準値以下になるように指令電圧を変化させてフィードバック制御が行なわれる。

#### 【0025】

したがって、この発明によれば、出力電圧が目標電圧になるようにフィードバック制御した場合に過電圧および過電流が発生するのをより確実に抑制できる。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

#### 【0027】

図1を参照して、この発明の実施の形態による電圧変換装置を備えたモータ駆動装置100は、直流電源Bと、電圧センサー10、13と、システムリレーSR1、SR2と、コンデンサC1、C2と、昇圧コンバータ12と、インバータ14と、電流センサー24と、制御装置30とを備える。交流モータM1は、ハイブリッド自動車または電気自動車の駆動輪を駆動するためのトルクを発生するための駆動モータである。あるいは、このモータはエンジンにて駆動される発電機の機能を持つように、そして、エンジンに対して電動機として動作し、たとえば、エンジン始動を行ない得るようなものとしてハイブリッド自動車に組み込まれるようにしてもよい。

#### 【0028】

昇圧コンバータ12は、リアクトルL1と、NPNトランジスタQ1、Q2と、ダイオードD1、D2とを含む。リアクトルL1の一方端は直流電源Bの電源ラインに接続され、他方端はNPNトランジスタQ1とNPNトランジスタQ2との中間点、すなわち、NPNトランジスタQ1のエミッタとNPNトランジスタQ2のコレクタとの間に接続される。NPNトランジスタQ1、Q2は、電源ラインとアースラインとの間に直列に接続される。そして、NPNトランジスタQ1のコレクタは電源ラインに接続され、NPNトランジスタQ2のエミッタはアースラインに接続される。また、各NPNトランジスタQ1、Q2のコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオードD1、D2がそれぞれ配置されている。

#### 【0029】

インバータ14は、U相アーム15と、V相アーム16と、W相アーム17と

から成る。U相アーム15、V相アーム16、およびW相アーム17は、電源ラインとアースラインとの間に並列に設けられる。

#### 【0030】

U相アーム15は、直列接続されたNPNトランジスタQ3、Q4から成り、V相アーム16は、直列接続されたNPNトランジスタQ5、Q6から成り、W相アーム17は、直列接続されたNPNトランジスタQ7、Q8から成る。また、各NPNトランジスタQ3～Q8のコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオードD3～D8がそれぞれ接続されている。

#### 【0031】

各相アームの中間点は、交流モータM1の各相コイルの各相端に接続されている。すなわち、交流モータM1は、3相の永久磁石モータであり、U、V、W相の3つのコイルの一端が中点に共通接続されて構成され、U相コイルの他端がNPNトランジスタQ3、Q4の中間点に、V相コイルの他端がNPNトランジスタQ5、Q6の中間点に、W相コイルの他端がNPNトランジスタQ7、Q8の中間点にそれぞれ接続されている。

#### 【0032】

直流電源Bは、ニッケル水素またはリチウムイオン等の二次電池から成る。電圧センサー10は、直流電源Bから出力される直流電圧Vbを検出し、その検出した直流電圧Vbを制御装置30へ出力する。システムリレーSR1、SR2は、制御装置30からの信号SEによりオン/オフされる。

#### 【0033】

コンデンサC1は、直流電源Bから供給された直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧を昇圧コンバータ12へ供給する。

#### 【0034】

昇圧コンバータ12は、コンデンサC1から供給された直流電圧を昇圧してコンデンサC2へ供給する。より具体的には、昇圧コンバータ12は、制御装置30から信号PWMUを受けると、信号PWMUによってNPNトランジスタQ2がオンされた期間に応じて直流電圧を昇圧してコンデンサC2に供給する。この場合、NPNトランジスタQ1は、信号PWMUによってオフされている。また

、昇圧コンバータ 12 は、制御装置 30 から信号 PWM D を受けると、コンデンサ C 2 を介してインバータ 14 から供給された直流電圧を降圧して直流電源 B を充電する。

#### 【0035】

コンデンサ C 2 は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧をインバータ 14 へ供給する。電圧センサー 13 は、コンデンサ C 2 の両端の電圧、すなわち、昇圧コンバータ 12 の出力電圧  $V_m$  (インバータ 14 への入力電圧に相当する。以下同じ。) を検出し、その検出した出力電圧  $V_m$  を制御装置 30 へ出力する。

#### 【0036】

インバータ 14 は、コンデンサ C 2 から直流電圧が供給されると制御装置 30 からの信号 PWM I に基づいて直流電圧を交流電圧に変換して交流モータ M 1 を駆動する。これにより、交流モータ M 1 は、トルク指令値  $T_R$  によって指定されたトルクを発生するように駆動される。また、インバータ 14 は、モータ駆動装置 100 が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、交流モータ M 1 が発電した交流電圧を制御装置 30 からの信号 PWM C に基づいて直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をコンデンサ C 2 を介して昇圧コンバータ 12 へ供給する。

#### 【0037】

なお、ここで言う回生制動とは、ハイブリッド自動車または電気自動車を運転するドライバーによるフットブレーキ操作があった場合の回生発電を伴う制動や、フットブレーキを操作しないものの、走行中にアクセルペダルをオフすることで回生発電をさせながら車両を減速（または加速の中止）させることを含む。

#### 【0038】

電流センサー 24 は、交流モータ M 1 に流れるモータ電流  $MCR T$  を検出し、その検出したモータ電流  $MCR T$  を制御装置 30 へ出力する。

#### 【0039】

制御装置 30 は、外部に設けられた ECU (Electrical Control Unit) から入力されたトルク指令値  $T_R$  およびモータ回転数  $MRN$

、電圧センサー 10 からの直流電圧  $V_b$ 、電圧センサー 13 からの出力電圧  $V_m$ 、および電流センサー 24 からのモータ電流  $M_C R T$  に基づいて、後述する方法により昇圧コンバータ 12 を駆動するための信号  $P W M U$  とインバータ 14 を駆動するための信号  $P W M I$  とを生成し、その生成した信号  $P W M U$  および信号  $P W M I$  をそれぞれ昇圧コンバータ 12 およびインバータ 14 へ出力する。

#### 【0040】

信号  $P W M U$  は、昇圧コンバータ 12 がコンデンサ  $C_1$  からの直流電圧を出力電圧  $V_m$  に変換する場合に昇圧コンバータ 12 を駆動するための信号である。そして、制御装置 30 は、昇圧コンバータ 12 が直流電圧を出力電圧  $V_m$  に変換する場合に、出力電圧  $V_m$  をフィードバック制御し、出力電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように昇圧コンバータ 12 を駆動するための信号  $P W M U$  を生成する。信号  $P W M U$  の生成方法については後述する。

#### 【0041】

また、制御装置 30 は、ハイブリッド自動車または電気自動車が生動モードに入ったことを示す信号を外部  $E C U$  から受けると、交流モータ  $M_1$  で発電された交流電圧を直流電圧に変換するための信号  $P W M C$  を生成してインバータ 14 へ出力する。この場合、インバータ 14 の  $N P N$  トランジスタ  $Q_3 \sim Q_8$  は信号  $P W M C$  によってスイッチング制御される。これにより、インバータ 14 は、交流モータ  $M_1$  で発電された交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ 12 へ供給する。

#### 【0042】

さらに、制御装置 30 は、ハイブリッド自動車または電気自動車が生動モードに入ったことを示す信号を外部  $E C U$  から受けると、インバータ 14 から供給された直流電圧を降圧するための信号  $P W M D$  を生成し、その生成した信号  $P W M D$  を昇圧コンバータ 12 へ出力する。これにより、交流モータ  $M_1$  が発電した交流電圧は、直流電圧に変換され、降圧されて直流電源  $B$  に供給される。

#### 【0043】

さらに、制御装置 30 は、システムリレー  $S R_1$ 、 $S R_2$  をオン／オフするための信号  $S E$  を生成してシステムリレー  $S R_1$ 、 $S R_2$  へ出力する。

## 【0044】

図2は、制御装置30の機能ブロック図である。図2を参照して、制御装置30は、モータトルク制御手段301と、電圧変換制御手段302とを含む。モータトルク制御手段301は、トルク指令値TR、直流電源Bから出力される直流電圧Vb、モータ電流MCRT、モータ回転数MRNおよび昇圧コンバータ12の出力電圧Vmに基づいて、交流モータM1の駆動時、後述する方法により昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2をオン/オフするための信号PWMUと、インバータ14のNPNトランジスタQ3～Q8をオン/オフするための信号PWMIとを生成し、その生成した信号PWMUおよび信号PWMIをそれぞれ昇圧コンバータ12およびインバータ14へ出力する。

## 【0045】

電圧変換制御手段302は、回生制動時、ハイブリッド自動車または電気自動車が回生制動モードに入ったことを示す信号RGEを外部ECUから受けると、交流モータM1が発電した交流電圧を直流電圧に変換するための信号PWMCを生成してインバータ14へ出力する。

## 【0046】

また、電圧変換制御手段302は、回生制動時、信号RGEを外部ECUから受けると、インバータ14から供給された直流電圧を降圧するための信号PWMDを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。このように、昇圧コンバータ12は、直流電圧を降圧するための信号PWMDにより電圧を降下させることもできるので、双方向コンバータの機能を有するものである。

## 【0047】

図3は、モータトルク制御手段301の機能ブロック図である。図3を参照して、モータトルク制御手段301は、モータ制御用相電圧演算部40と、インバータ用PWM信号変換部42と、インバータ入力電圧指令演算部50と、フィードバック電圧指令演算部52と、デューティ比変換部54とを含む。

## 【0048】

モータ制御用相電圧演算部40は、昇圧コンバータ12の出力電圧Vm、すなわち、インバータ14への入力電圧を電圧センサー13から受け、交流モータM

1の各相に流れるモータ電流MCR Tを電流センサー24から受け、トルク指令値TRを外部ECUから受ける。そして、モータ制御用相電圧演算部40は、これらの入力される信号に基づいて、交流モータM1の各相のコイルに印加する電圧を計算し、その計算した結果をインバータ用PWM信号変換部42へ供給する。インバータ用PWM信号変換部42は、モータ制御用相電圧演算部40から受けた計算結果に基づいて、インバータ14の各NPNトランジスタQ3～Q8を実際にオン／オフする信号PWM Iを生成し、その生成した信号PWM Iをインバータ14の各NPNトランジスタQ3～Q8へ出力する。

#### 【0049】

これにより、各NPNトランジスタQ3～Q8は、スイッチング制御され、交流モータM1が指令されたトルクを出力するように交流モータM1の各相に流す電流を制御する。このようにして、モータ駆動電流が制御され、トルク指令値TRに応じたモータトルクが出力される。

#### 【0050】

一方、インバータ入力電圧指令演算部50は、トルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいてインバータ入力電圧の最適値（目標値）、すなわち、電圧指令Vdc\_\_com1を演算し、その演算した電圧指令Vdc\_\_com1をフィードバック電圧指令演算部52へ出力する。

#### 【0051】

フィードバック電圧指令演算部52は、電圧センサー13からの昇圧コンバータ12の出力電圧Vmと、インバータ入力電圧指令演算部50からの電圧指令Vdc\_\_com1とに基づいて、後述する方法によってフィードバック電圧指令Vdc\_\_com\_\_fbを演算し、その演算したフィードバック電圧指令Vdc\_\_com\_\_fbをデューティー比変換部54へ出力する。

#### 【0052】

デューティー比変換部54は、電圧センサー10からの直流電圧Vbと、フィードバック電圧指令演算部52からのフィードバック電圧指令Vdc\_\_com\_\_fbとに基づいて、電圧センサー13からの出力電圧Vmをフィードバック電圧指令Vdc\_\_com\_\_fbに設定するためのデューティー比を演算し、その演算



したデューティー比に基づいて昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1, Q2 をオン/オフするための信号 PWMU を生成する。そして、デューティー比変換部 54 は、生成した信号 PWMU を昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1, Q2 へ出力する。

#### 【0053】

なお、昇圧コンバータ 12 の下側の NPN トランジスタ Q2 のオンデューティーを大きくすることによりリアクトル L1 における電力蓄積が大きくなるため、より高電圧の出力を得ることができる。一方、上側の NPN トランジスタ Q1 のオンデューティーを大きくすることにより電源ラインの電圧が下がる。そこで、NPN トランジスタ Q1, Q2 のデューティー比を制御することで、電源ラインの電圧を直流電源 B の出力電圧以上の任意の電圧に制御可能である。

#### 【0054】

図 4 は、図 3 に示すフィードバック電圧指令演算部 52 およびデューティー比変換部 54 の機能ブロック図である。図 4 を参照して、フィードバック電圧指令演算部 52 は、減算器 521 と、電圧偏差判定部 522 と、変化率判定部 523 と、PI 制御ゲイン決定部 524 と、PI 制御器 525 とを含む。

#### 【0055】

減算器 521 は、インバータ入力電圧指令演算部 50 からの電圧指令  $V_{dc\_com1}$  と電圧センサー 13 からの出力電圧  $V_m$  とを受け、電圧指令  $V_{dc\_com1}$  から出力電圧  $V_m$  を減算する。そして、減算器 521 は、減算した結果を偏差  $\Delta V_{dc1}$  として電圧偏差判定部 522 へ出力する。

#### 【0056】

電圧偏差判定部 522 は、減算器 521 からの偏差  $\Delta V_{dc1}$  が規定値 A よりも大きいかな否かを判定する。そして、電圧偏差判定部 522 は、偏差  $\Delta V_{dc1}$  が規定値 A よりも大きいとき、電圧センサー 13 から受けた出力電圧  $V_m$  に規定値 A を加えた電圧  $V_m + A$  を新たな電圧指令  $V_{dc\_com2}$  として変化率判定部 523 へ出力する。また、電圧偏差判定部 522 は、偏差  $\Delta V_{dc1}$  が規定値 A 以下であるとき、インバータ入力電圧指令演算部 50 からの電圧指令  $V_{dc\_com1}$  を変化率判定部 523 へ出力する。

## 【0057】

変化率判定部523は、電圧偏差判定部522から受けた電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が上昇しているか否かを判定する。より具体的には、変化率判定部523は、前回の制御時における電圧指令 $V_{dc\_com2}(n-1)$ を記憶しており、今回の制御時における電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ と前回の制御時における電圧指令 $V_{dc\_com2}(n-1)$ との差を演算することにより電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が上昇したか否かを判定する。

## 【0058】

そして、変化率判定部523は、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が上昇していないとき、電圧偏差判定部522から受けた電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$  ( $=V_m+A$ ) をそのまま使用する。

## 【0059】

また、変化率判定部523は、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が上昇しているとき、今回の制御時における電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ と前回の制御時における電圧指令 $V_{dc\_com2}(n-1)$ との差分 $\Delta V_{dc\_com}$ を演算し、その演算した差分 $\Delta V_{dc\_com}$ を基準値STDと比較する。

## 【0060】

そして、変化率判定部523は、差分 $\Delta V_{dc\_com}$ が基準値STDよりも大きいとき今回の制御時における電圧指令 $V_{dc\_com2}(n) = V_{dc\_com}(n-1) + STD$ を演算する。

## 【0061】

一方、変化率判定部523は、差分 $\Delta V_{dc\_com}$ が基準値STD以下であるとき、電圧偏差判定部522からの電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$  ( $=V_m+A$ ) をそのまま使用する。

## 【0062】

そうすると、変化率判定部523は、電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ をインバータ入力電圧指令演算部50から受けた電圧指令 $V_{dc\_com1}$  (目標電圧を意味する)と比較し、電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ が電圧指令 $V_{dc\_com1}$ 以上であるとき、目標電圧 $V_{dc\_com1}$ をPI制御ゲイン決定部52

4へ出力する。また、変化率判定部523は、電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ が電圧指令 $V_{dc\_com1}$ よりも小さいとき、電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ をPI制御ゲイン決定部524へ出力する。

#### 【0063】

PI制御ゲイン決定部524は、変化率判定部523から受けた電圧指令 $V_{dc\_com1}$ または $V_{dc\_com2}(n)$ と電圧センサー13から受けた出力電圧 $V_m$ との偏差 $\Delta V_{dc2}$ を演算し、その演算した偏差 $\Delta V_{dc2}$ と、比例ゲインPGおよび積分ゲインIGとをPI制御器525へ出力する。

#### 【0064】

PI制御器525は、PI制御ゲイン決定部524から受けた比例ゲインPG、積分ゲインIGおよび誤差 $\Delta V_{dc2}$ に基づいてフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ を演算する。具体的には、PI制御器525は、PI制御ゲイン決定部524から受けた比例ゲインPG、積分ゲインIGおよび誤差 $\Delta V_{dc2}$ を次式へ代入してフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ を演算する。

#### 【0065】

$$V_{dc\_com\_fb} = PG \times \Delta V_{dc2} + IG \times \sum \Delta V_{dc2} \cdots (1)$$

そして、PI制御器525は、演算したフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ をデューティー比変換部54へ出力する。

#### 【0066】

デューティー比変換部54は、コンバータ用デューティー比演算部541と、コンバータ用PWM信号変換部542とを含む。コンバータ用デューティー比演算部541は、電圧センサー10からの直流電圧 $V_b$ と、PI制御器525からのフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ とに基づいて、電圧センサー13からの出力電圧 $V_m$ を、フィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ に設定するためのデューティー比を演算する。

#### 【0067】

コンバータ用PWM信号変換部542は、コンバータ用デューティー比演算部541からのデューティー比に基づいて昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2をオン/オフするための信号PWMUを生成する。そして、コンバ

ータ用PWM信号変換部542は、生成した信号PWMUを昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1, Q2へ出力する。

#### 【0068】

そして、昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1, Q2は、信号PWMUに基づいてオン／オフされる。これによって、昇圧コンバータ12は、出力電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com1}$ になるように直流電圧を出力電圧 $V_m$ に変換する。

#### 【0069】

図5は、電圧のタイミングチャートである。図5を参照して、出力電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com1}$ に一致するように昇圧コンバータ12が直流電圧 $V_b$ を出力電圧 $V_m$ に変換するときのフィードバック制御について説明する。

#### 【0070】

交流モータM1の負荷が増加し、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ がタイミング $t_1$ で低下し始める。そして、電圧指令 $V_{dc\_com1}$ と出力電圧 $V_m$ との偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値Aよりも大きいか否かが判定され、偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値Aよりも大きいとき、出力電圧 $V_m$ に規定値Aを加算することにより新たな電圧指令 $V_{dc\_com2} = V_m + A$ が演算される。

#### 【0071】

この場合、電圧指令 $V_{dc\_com1}$ は、昇圧コンバータ12が出力すべき目標電圧である。これに対し、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ は、出力電圧 $V_m$ を電圧指令 $V_{dc\_com1}$  (=目標電圧) に一致するようにフィードバック制御するとき出力電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com1}$  (=目標電圧) を超えて過電圧および過電流が発生しないようにするための擬似的な電圧指令である。

#### 【0072】

したがって、電圧指令 $V_{dc\_com1}$ は、一旦、インバータ入力電圧指令演算部50から出力されると固定されるが、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ は、出力電圧 $V_m$ の変動に応じて制御タイミングとともに変動する。

#### 【0073】

出力電圧 $V_m$ が低下し続けるタイミング $t_1$ からタイミング $t_2$ までの間、電

圧指令  $V_{dc\_com1}$  (=目標電圧) と出力電圧  $V_m$  との偏差  $\Delta V_{dc1}$  は、規定値  $A$  よりも大きいので、出力電圧  $V_m$  に規定値  $A$  を加算することにより電圧指令  $V_{dc\_com2} = V_m + A$  が演算され、電圧指令  $v_{dc\_com2}$  を用いたフィードバック制御が行なわれる。

#### 【0074】

その後、タイミング  $t_2$  で電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が低下から上昇に転じると、出力電圧  $V_m$  に規定値  $A$  を加算することにより電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が演算され、その演算された電圧指令  $V_{dc\_com2}$  の変化率  $\Delta V_{dc\_com}$  が基準値  $STD$  以下になるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が決定される。

#### 【0075】

タイミング  $t_2$  においても、電圧指令  $V_{dc\_com1}$  と出力電圧  $V_m$  との偏差  $\Delta V_{dc1}$  は、規定値  $A$  よりも大きいので、電圧指令  $V_{dc\_com2}$  は、基本的に出力電圧  $V_m$  に規定値  $A$  を加算することにより演算される。しかし、出力電圧  $V_m$  が上昇している領域において、出力電圧  $V_m$  に規定値  $A$  を加算することにより演算された電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を用いてフィードバック制御すると、出力電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com1}$  (=目標電圧) を超えて過電圧レベルにまで到達し、過電圧および過電流が発生する可能性がある。

#### 【0076】

そこで、出力電圧  $V_m$  が低下から上昇へ転じると、変化率が基準値  $STD$  以下になるように新たな電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を設定することにしたものである。

#### 【0077】

より具体的には、今回の制御時における電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  と前回の制御時における電圧指令  $V_{dc\_com2}(n-1)$  との差分  $\Delta V_{dc\_com}$  が演算され、その演算された差分  $\Delta V_{dc\_com}$  が基準値  $STD$  と比較される。

#### 【0078】

そして、差分  $\Delta V_{dc\_com}$  が基準値  $STD$  よりも大きいとき今回の制御時における電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  は、 $V_{dc\_com2}(n) = V_{dc}$

$\_com(n-1) + STD$ により演算される。

【0079】

一方、差分 $\Delta Vdc\_com$ が基準値 $STD$ 以下であるとき、出力電圧 $V_m$ に規定値 $A$ を加算することにより演算された電圧指令 $Vdc\_com2(n)$  ( $= V_m + A$ ) がそのまま使用される。

【0080】

このようにして、電圧指令 $Vdc\_com2$ が決定されると、電圧指令 $Vdc\_com2$ が電圧指令 $Vdc\_com1$ 以上であるか否かが判定され、電圧指令 $Vdc\_com2$ が電圧指令 $Vdc\_com1$ 以上であるとき、電圧指令 $Vdc\_com1$ を用いてフィードバック制御が行なわれる。また、電圧指令 $Vdc\_com2$ が電圧指令 $Vdc\_com1$ よりも小さいとき、電圧指令 $Vdc\_com2$ を用いたフィードバック制御が行なわれる。

【0081】

このように、出力電圧 $V_m$ が低下し続ける領域では、出力電圧 $V_m$ に規定値 $A$ を加算することにより電圧指令 $Vdc\_com2$ を演算し、その演算した電圧指令 $Vdc\_com2$ を用いたフィードバック制御が行なわれる。つまり、出力電圧 $V_m$ が低下し続ける領域では、電圧指令 $Vdc\_com2$ と出力電圧 $V_m$ との偏差 $\Delta Vdc2$ が規定値 $A$ 以下になるように電圧指令 $Vdc\_com2$ を変化させたフィードバック制御が行なわれる。

【0082】

そして、出力電圧 $V_m$ が低下から上昇へ転じると、変化率 $\Delta Vdc\_com$ が基準値 $STD$ 以下になるように電圧指令 $Vdc\_com2$ を変化させたフィードバック制御が行なわれる。これにより、出力電圧 $V_m$ は、過電圧レベルに到達することなく、タイミング $t_n$ で目標電圧 $Vdc\_com1$ に一致する。

【0083】

この場合、基準値 $STD$ は、負荷である交流モータ $M1$ および直流電源 $B$ に過電流が流れず、かつ、過電圧が発生しない値に設定される。すなわち、負荷への入力電圧が急激に増加すると、負荷側に過電流が流れる可能性が高くなり、負荷側に過電流が流れると、直流電源 $B$ からの電力の持ち出しも急激に増加し、直流

電源Bにも過電流が流れる。また、過電圧が発生する可能性もある。そこで、基準値STDは、過電流および過電圧が発生しない値に設定される。

【0084】

図5においては、タイミング $t_2$ 以降、変化率が基準値STD以下になるように電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が演算され、出力電圧 $V_m$ は、タイミング $t_2$ からタイミング $t_n$ までの間に電圧指令 $V_{dc\_com2}$ に一致するので、この発明によるフィードバック制御は、偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値Aよりも大きくなる程、出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ から大きく低下した場合、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ と出力電圧 $V_m$ との偏差 $\Delta V_{dc2}$ が小さくなるように指令電圧 $V_{dc\_com2}$ を変化させるフィードバック制御である。

【0085】

なお、図5に示すように出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ から大きく低下する場合としては、次の2つの場合がある。

【0086】

(A) 負荷である交流モータM1の急激な出力増加により、直流電源Bからの出力応答が追従できない場合

(B) 負荷である交流モータM1の出力が直流電源Bの最大出力を超えた場合  
そして、(A)は、負荷が車両の駆動輪に連結された交流モータの場合、駆動輪が急激にスリップしたときに発生する。また、(B)は、周囲の温度が低下して直流電源Bの出力特性が低下したときに発生する。

【0087】

図6は、電圧の他のタイミングチャートである。図6を参照して、タイミング $t_1$ からタイミング $t_3$ までの間、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ は、出力電圧 $V_m$ に規定値Aを加算することにより演算される。つまり、出力電圧 $V_m$ が低下から上昇へ転じた後も電圧指令 $V_{dc\_com2}$ は、出力電圧 $V_m$ に規定値Aを加算することにより演算される。

【0088】

そして、タイミング $t_3$ 以降、変化率が基準値STD以下になるように電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が決定される。

## 【0089】

このように、変化率が基準値STD以下になるように電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を決定するタイミングは、出力電圧 $V_m$ が低下から上昇へ転じたタイミングと同時でなくてもよく、一般的には、出力電圧 $V_m$ が低下から上昇へ転じた後であればどのタイミングであってもよい。

## 【0090】

図7は、出力電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com1}$ に一致するように昇圧コンバータ12が直流電圧 $V_b$ を出力電圧 $V_m$ に変換するときのフィードバック制御の動作を説明するためのフローチャートである。

## 【0091】

図7を参照して、一連の動作が開始されると、インバータ入力電圧指令演算部50は、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて電圧指令 $V_{dc\_com1}$  (=目標電圧) を生成し (ステップS1)、フィードバック電圧指令演算部52へ出力する。

## 【0092】

そして、フィードバック電圧指令演算部52の減算器521は、目標電圧 $V_{dc\_com1}$ と出力電圧 $V_m$ との偏差 $\Delta V_{dc1}$ を演算し (ステップS2)、その演算した偏差 $\Delta V_{dc1}$ を電圧偏差判定部522へ出力する。

## 【0093】

そうすると、電圧偏差判定部522は、偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値Aよりも大きいか否かを判定し (ステップS3)、偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値Aよりも大きいとき、出力電圧 $V_m$ に規定値Aを加算することにより電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を演算して変化率判定部523へ出力する (ステップS4)。

## 【0094】

一方、ステップS3において、偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値A以下であると判定されたとき、電圧偏差判定部522は、インバータ入力電圧指令演算部50から受けた電圧指令 $V_{dc\_com1}$ を変化率判定部523へ出力する。

## 【0095】

ステップS3において”No”と判定された後、またはステップS4の後、変



化率判定部 523 は、電圧偏差判定部 522 から受けた電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が上昇するか否かを判定し（ステップ S5）、電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が上昇していないとき、一連の動作はステップ S7 へ移行する。

#### 【0096】

一方、ステップ S5 において、電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が上昇すると判定されたとき、変化率が基準値 STD 以下になるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が設定される（ステップ S6）。

#### 【0097】

そして、ステップ S5 において “No” と判定された後、またはステップ S6 の後、PI 制御ゲイン決定部 524 は、変化率判定部 523 から受けた電圧指令  $V_{dc\_com2}$  と出力電圧  $V_m$  との偏差  $\Delta V_{dc2}$  を演算し、その演算した偏差  $\Delta V_{dc2}$  と、比例ゲイン PG と、積分ゲイン IG とを PI 制御器 525 へ出力する。

#### 【0098】

PI 制御器 525 は、PI 制御ゲイン決定部 524 から受けた偏差  $\Delta V_{dc2}$  、比例ゲイン PG および積分ゲイン IG を式 (1) に代入してフィードバック電圧指令  $V_{dc\_com\_fb}$  を演算する。そして、PI 制御器 525 は、演算したフィードバック電圧指令  $V_{dc\_com\_fb}$  をデューティ比変換部 54 へ出力する。

#### 【0099】

デューティ比変換部 54 は、PI 制御器 525 からのフィードバック電圧指令  $V_{dc\_com\_fb}$  と、電圧センサー 10 からの直流電圧  $V_b$  と、電圧センサー 13 からの出力電圧  $V_m$  とに基づいて、出力電圧  $V_m$  をフィードバック電圧指令  $V_{dc\_com\_fb}$  に設定するためのデューティ比を演算し、その演算したデューティ比に基づいて昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1, Q2 をオン／オフするための信号 PWMU を生成する。そして、デューティ比変換部 54 は、生成した信号 PWMU を昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1, Q2 へ出力する。これにより、電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を用いた制御が行なわれる（ステップ S7）。

## 【0100】

その後、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に一致するか否かが判定され（ステップ S8）、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に一致しないとき、ステップ S2～S8 が繰返し実行される。そして、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に一致すると、一連の動作が終了する。

## 【0101】

図8は、図7に示すステップ S6 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。図7に示すステップ S5 において電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が上昇していると判定されると、変化率判定部 523 は、今回制御時における電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  と前回制御時における電圧指令  $V_{dc\_com2}(n-1)$  との差分  $\Delta V_{dc\_com}$  を演算し（ステップ S61）、その演算した差分  $\Delta V_{dc\_com}$  が基準値  $STD$  よりも大きいかな否かを判定する（ステップ S62）。

## 【0102】

差分  $\Delta V_{dc\_com}$  が基準値  $STD$  よりも大きいとき、変化率判定部 523 は、前回制御時の電圧指令  $V_{dc\_com2}(n-1)$  に基準値  $STD$  を加算することにより今回制御時の電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  を演算する（ステップ S63）。

## 【0103】

一方、ステップ S62 において、差分  $\Delta V_{dc\_com}$  が基準値  $STD$  以下であると判定されたとき、今回制御時の電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$ 、すなわち、電圧偏差判定部 522 により出力電圧  $V_m$  に規定値  $A$  を加算して演算された電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  が使用される（ステップ S64）。

## 【0104】

そして、ステップ S63 またはステップ S64 の後、変化率判定部 523 は、ステップ S63 またはステップ S64 において決定された電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  以上であるかな否かを判定し（ステップ S65）、電圧指令  $V_{dc\_com2}(n)$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  以上であるとき、目標電圧  $V_{dc\_com1}$  を電圧指令として P I 制御ゲイン決定部 52

4へ出力する(ステップS66)。

【0105】

一方、電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ よりも小さいとき、変化率判定部523は、電圧指令 $V_{dc\_com2}(n)$ を電圧指令としてPI制御ゲイン決定部524へ出力する(ステップS67)。

【0106】

そして、ステップS66またはステップS67の後、一連の動作は、図7に示すステップS7へ移行する。

【0107】

上述したステップS2, S3の" Yes", S4, S5の" No", S7, S8の" No" が繰返し実行される経路は、出力電圧 $V_m$ が継続して低下し、電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が出力電圧 $V_m$ に規定値Aを加算することにより演算されてフィードバック制御される経路であり、図5に示すタイミングt1からタイミングt2までの間において電圧指令 $V_{dc\_com2}$ と出力電圧 $V_m$ との偏差が規定値A以下になるように電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を変化させてフィードバック制御することに相当する。

【0108】

また、上述したステップS2, S3の" Yes", S4, S5の" Yes", S6, S7, S8の" No" が繰返し実行される経路は、出力電圧 $V_m$ が低下から上昇に転じ、変化率が基準値STD以下になるように電圧指令 $V_{dc\_com2}$ が演算されてフィードバック制御される経路であり、図5に示すタイミングt2以降において変化率が基準値STD以下になるように電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を変化させてフィードバック制御することに相当する。

【0109】

そして、ステップS2, S3の" Yes", S4, S5の" No", S7, S8の" No" が繰返し実行される経路は、出力電圧 $V_m$ の低下に伴って電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を低下させてフィードバック制御しており、ステップS2, S3の" Yes", S4, S5の" Yes", S6, S7, S8の" No" が繰返し実行される経路は、変化率を基準値STD以下に制限してフィードバック制御

している。したがって、出力電圧  $V_m$  を目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に一致させるフィードバック制御は、出力電圧  $V_m$  の変化率に応じて電圧指令  $V_{dc\_com2}$  の変化率を変えたフィードバック制御である。

#### 【0110】

また、ステップ S5 において電圧指令  $V_{dc\_com2}$  は上昇していると判定されることは、出力電圧  $V_m$  が低下から上昇へ転じたと判定されることに相当する。

#### 【0111】

上述したように、この発明は、出力電圧  $V_m$  と目標電圧  $V_{dc\_com1}$  との偏差  $\Delta V_{dc1}$  が規定値よりも大きくなる程、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  から低下した場合、出力電圧  $V_m$  との偏差  $\Delta V_{dc2}$  が小さくなるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を変化させて昇圧コンバータ 12 をフィードバック制御することを特徴とする。

#### 【0112】

そして、出力電圧  $V_m$  との偏差  $\Delta V_{dc2}$  が小さくなるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を変化させる具体的な方法として、出力電圧  $V_m$  が低下し続けているとき、出力電圧  $V_m$  との偏差  $\Delta V_{dc2}$  が規定値 A 以下になるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を変化させ、出力電圧  $V_m$  が低下から上昇に転じると変化率が基準値 STD 以下になるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を変化させる。

#### 【0113】

この特徴により、昇圧コンバータ 12 の電圧指令を目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に固定した場合に比べ、指令電圧と出力電圧  $V_m$  との偏差およびその偏差を累積した累積偏差を小さくでき、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に一致するようにフィードバック制御したとき、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  を超えて過電圧レベルまで到達し、過電圧および過電流が発生するのを抑制できる。

#### 【0114】

なお、上述した規定値 A は、出力電圧  $V_m$  の追従遅れが完全になくなる値に設定される。そして、上記においては、目標電圧  $V_{dc\_com1}$  と出力電圧  $V_m$

との偏差 $\Delta V_{dc1}$ が規定値 $A$ よりも大きい場合、出力電圧 $V_m$ に規定値 $A$ を単純に加算することにより電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を演算すると説明したが、この発明においては、これに限らず、出力電圧 $V_m$ の追従遅れがほぼなくなるよう出力電圧 $V_m$ に値 $A \pm \alpha$ を加算することにより電圧指令 $V_{dc\_com2}$ を演算してもよい。

#### 【0115】

モータ駆動装置100は、たとえば、ハイブリッド自動車に搭載される。この場合、交流モータM1は、2つのモータジェネレータMG1、MG2からなり、インバータ14は、2つのインバータからなる。すなわち、図9に示すように2つのインバータ14A、14Bがそれぞれ2つのモータジェネレータMG1、MG2に対応して設けられる。そして、2つのインバータ14A、14Bは、コンデンサC2の両端に接続されたノードN1、N2に並列に接続される。

#### 【0116】

そして、モータジェネレータMG1は、動力分割機構（図示せず）を介してエンジンに連結され、モータジェネレータMG2は、動力分割機構を介して駆動輪に連結される。

#### 【0117】

インバータ14Aは、昇圧コンバータ12からの直流電圧を交流電圧に変換してモータジェネレータMG1を駆動するとともに、エンジンの回転力によりモータジェネレータMG1が発電した交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ12へ供給する。

#### 【0118】

また、インバータ14Bは、昇圧コンバータ12からの直流電圧を交流電圧に変換してモータジェネレータMG2を駆動するとともに、駆動輪の回転力によりモータジェネレータMG2が発電した交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ12へ供給する。

#### 【0119】

そして、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ よりも大きく低下するのは、モータジェネレータMG1およびモータジェネレータM

G2が力行モードで駆動されるときである。すなわち、モータジェネレータMG2の出力トルクにより駆動輪を回転させてEV走行しているときにモータジェネレータMG1によりエンジンを始動する場合である。

#### 【0120】

このような場合に出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ よりも大きく低下しても、上述したフィードバック制御により過電流および過電圧の発生を抑制して出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ に一致するように直流電圧 $V_b$ を出力電圧 $V_m$ へ昇圧できる。

#### 【0121】

したがって、この発明は、ハイブリッド自動車に搭載される昇圧コンバータのフィードバック制御に特に効果がある。

#### 【0122】

なお、上記においては、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ から低下した場合について説明したが、この発明は、出力電圧 $V_m$ が目標電圧 $V_{dc\_com1}$ よりも上昇した場合に適用されてもよい。

#### 【0123】

また、上記においては、デューティ比変換部54は、フィードバック電圧指令演算部52からのフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ を用いて電圧センサー13からの出力電圧 $V_m$ をフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ に設定するためのデューティ比を演算すると説明したが、この発明においては、これに限らず、デューティ比変換部54は、インバータ入力電圧指令演算部50からの電圧指令 $V_{dc\_com1}$ をフィードバック電圧指令演算部52からのフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ により補正し、その補正した電圧指令に出力電圧 $V_m$ を設定するためのデューティ比を演算するようにしてもよい。

#### 【0124】

この場合、図3に示すように、インバータ入力電圧指令演算部50は、演算した電圧指令 $V_{dc\_com1}$ をフィードバック電圧指令演算部52およびデューティ比変換部54へ出力する。

## 【0125】

さらに、上記においては、コンバータ用デューティー比演算部541は、PI制御器525からのフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ を用いて電圧センサー13からの出力電圧 $V_m$ をフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ に設定するためのデューティー比を演算すると説明したが、この発明においては、これに限らず、コンバータ用デューティー比演算部541は、変化率判定部523から受けた電圧指令 $V_{dc\_com2}$ をPI制御器525から受けたフィードバック電圧指令 $V_{dc\_com\_fb}$ により補正し、その補正した電圧指令に出力電圧 $V_m$ を設定するためのデューティー比を演算するようにしてもよい。

## 【0126】

この場合、図4に示すように、変化率判定部523は、最終的に決定した電圧指令 $V_{dc\_com2}$ をPI制御ゲイン決定部524およびコンバータ用デューティー比演算部541へ出力する。

## 【0127】

さらに、上記においては、制御装置30は、回生モードにおいて外部ECUから信号RGEを受けると説明した。また、制御装置30は、昇圧コンバータ12を制御するための信号PWMU、PWMDおよびインバータ14を制御するための信号PWMI、PWMCを生成すると説明したが、この発明においては、これに限らず、制御装置30は、電圧指令 $V_{dc\_com1}$ に追従するようにPI制御で昇圧コンバータ12およびインバータ14を制御するためのPWM信号を生成するようにしてもよい。

## 【0128】

さらに、この発明においては、昇圧コンバータ12、制御装置30のフィードバック電圧指令演算部52およびデューティー比変換部54は、「電圧変換装置」を構成する。

## 【0129】

さらに、この発明においては、フィードバック電圧指令演算部52およびデューティー比変換部54は、電圧変換器としての昇圧コンバータ12を制御する「制御手段」を構成する。

## 【0130】

さらに、フィードバック電圧指令演算部52およびデューティ比変換部54におけるフィードバック制御は、実際にはCPU (Central Processing Unit) によって行なわれ、CPUは、図7および図8に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムをROM (Read Only Memory) から読出し、その読出したプログラムを実行して図7および図8に示すフローチャートに従って直流電圧から出力電圧 $V_m$ への電圧変換を制御する。したがって、ROMは、図7および図8に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ (CPU) 読取り可能な記録媒体に相当する。

## 【0131】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1による電圧変換装置を備えたモータ駆動装置の概略ブロック図である。

【図2】 図1に示す制御装置の機能ブロック図である。

【図3】 図2に示すモータトルク制御手段の機能を説明するための機能ブロック図である。

【図4】 図3に示すフィードバック電圧指令演算部およびデューティ比変換部の機能ブロック図である。。

【図5】 電圧のタイミングチャートである。

【図6】 電圧の他のタイミングチャートである。

【図7】 出力電圧が電圧指令に一致するように昇圧コンバータが直流電圧を出力電圧に変換するときのフィードバック制御の動作を説明するためのフローチャートである。

【図8】 図7に示すステップS6の詳細な動作を説明するためのフローチ



ャートである。

【図9】 2つのモータジェネレータおよび2つのインバータのブロック図である。

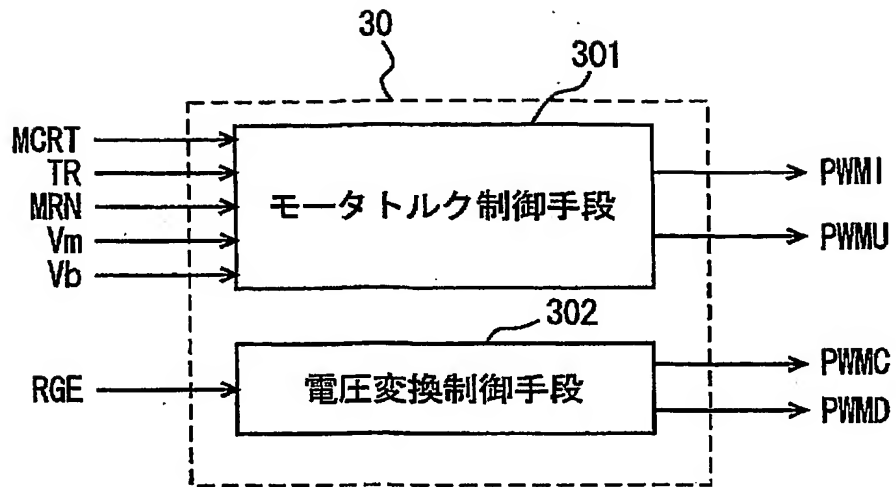
【図10】 電圧のタイミングチャートである。

【符号の説明】

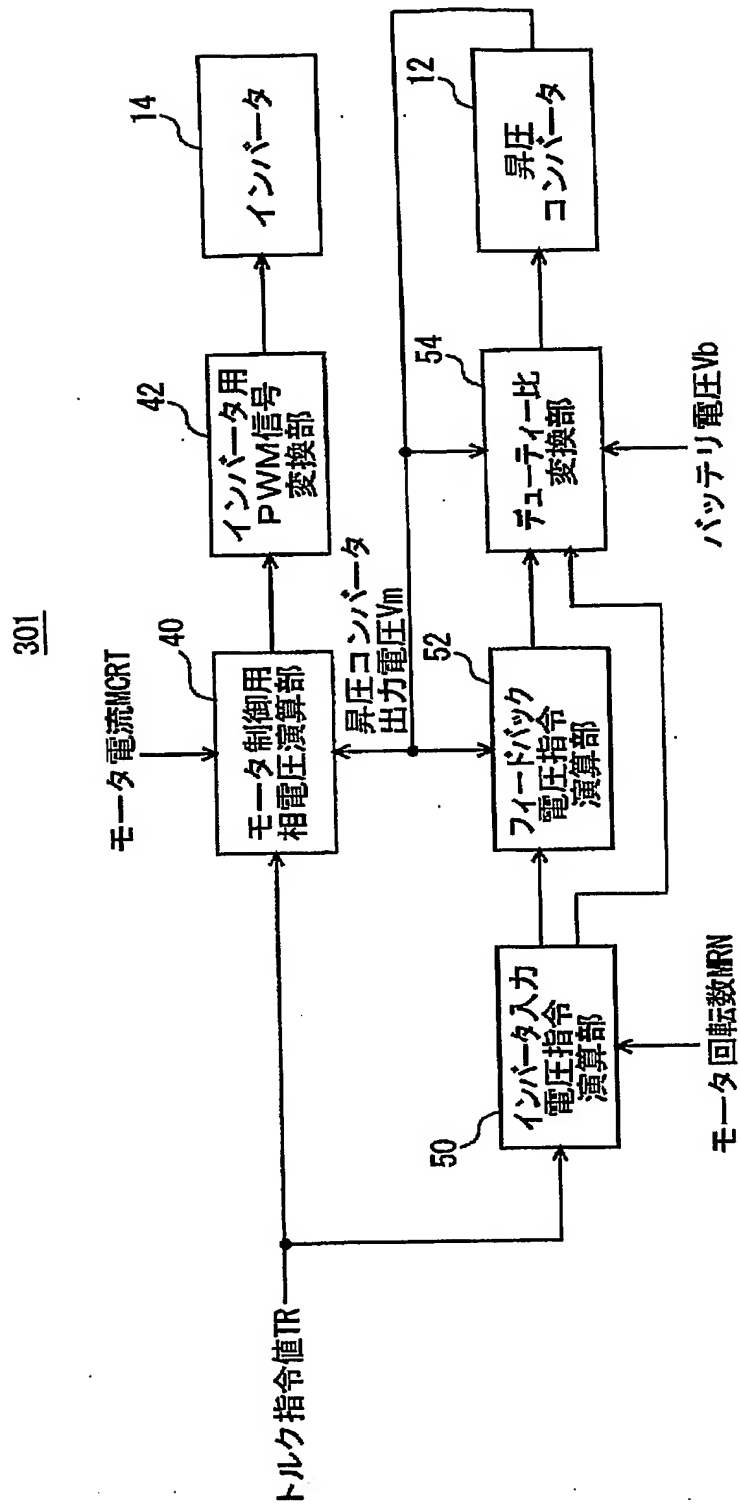
10, 13 電圧センサー、12 昇圧コンバータ、14, 14A, 14B  
インバータ、15 U相アーム、16 V相アーム、17 W相アーム、24  
電流センサー、30 制御装置、40 モータ制御用相電圧演算部、42 イン  
バータ用PWM信号変換部、50 インバータ入力電圧指令演算部、52 フィ  
ードバック電圧指令演算部、54 デューティー比変換部、100 モータ駆動  
装置、301 モータトルク制御手段、302 電圧変換制御手段、521 減  
算器、522 電圧偏差判定部、523 変化率判定部、524 PI制御ゲイ  
ン決定部、525 PI制御器、541 コンバータ用デューティー比演算部、  
542 コンバータ用PWM信号変換部、B 直流電源、SR1, SR2 シス  
テムリレー、C1, C2 コンデンサ、L1 リアクトル、Q1~Q8 NPN  
トランジスタ、D1~D8 ダイオード、M1 交流モータ、MG1, MG2  
モータジェネレータ。



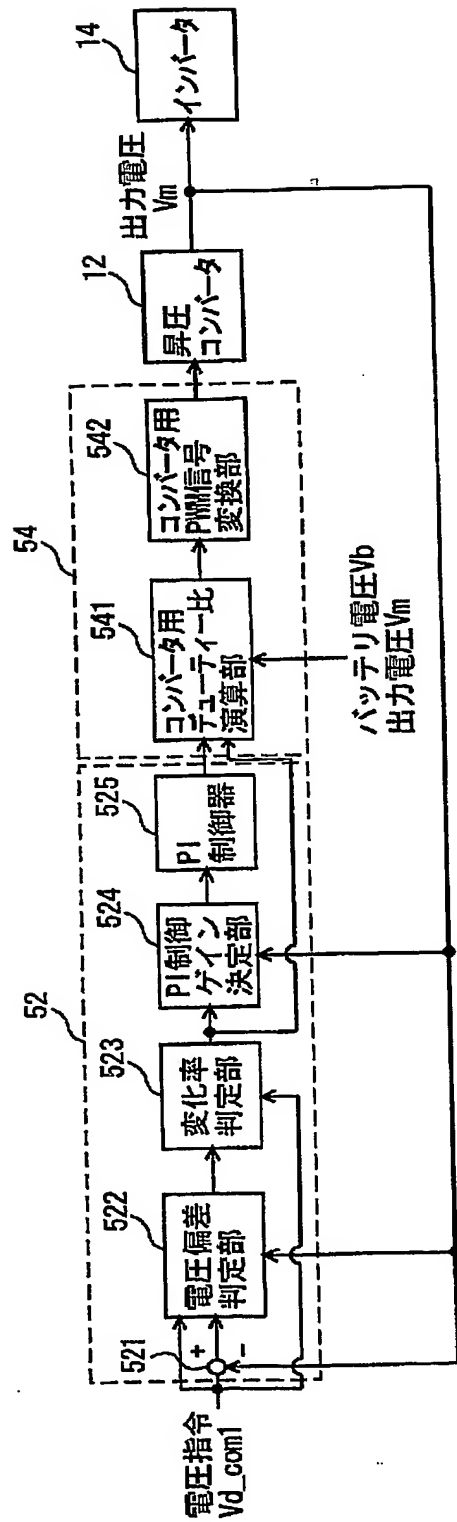
【図 2】



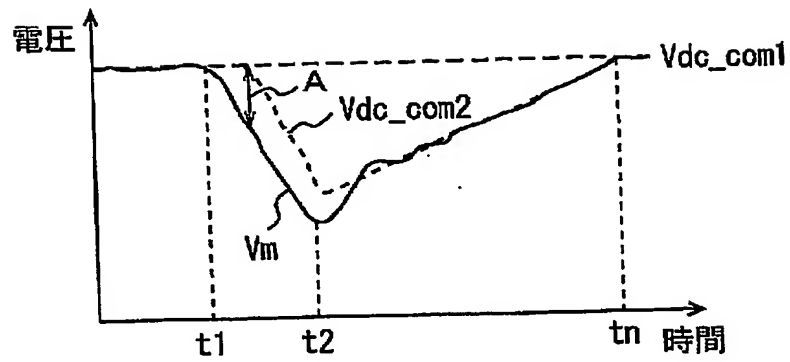
【図 3】



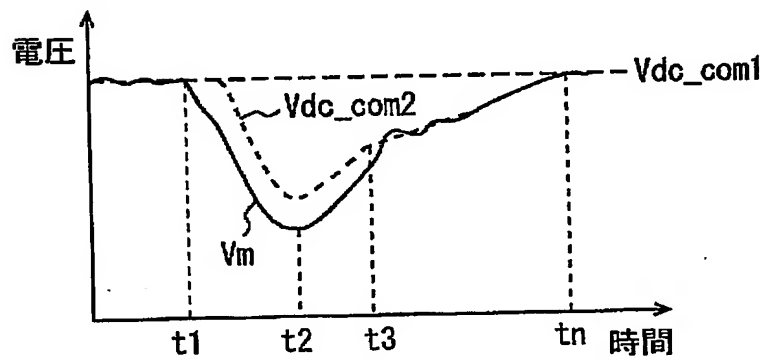
【図 4】



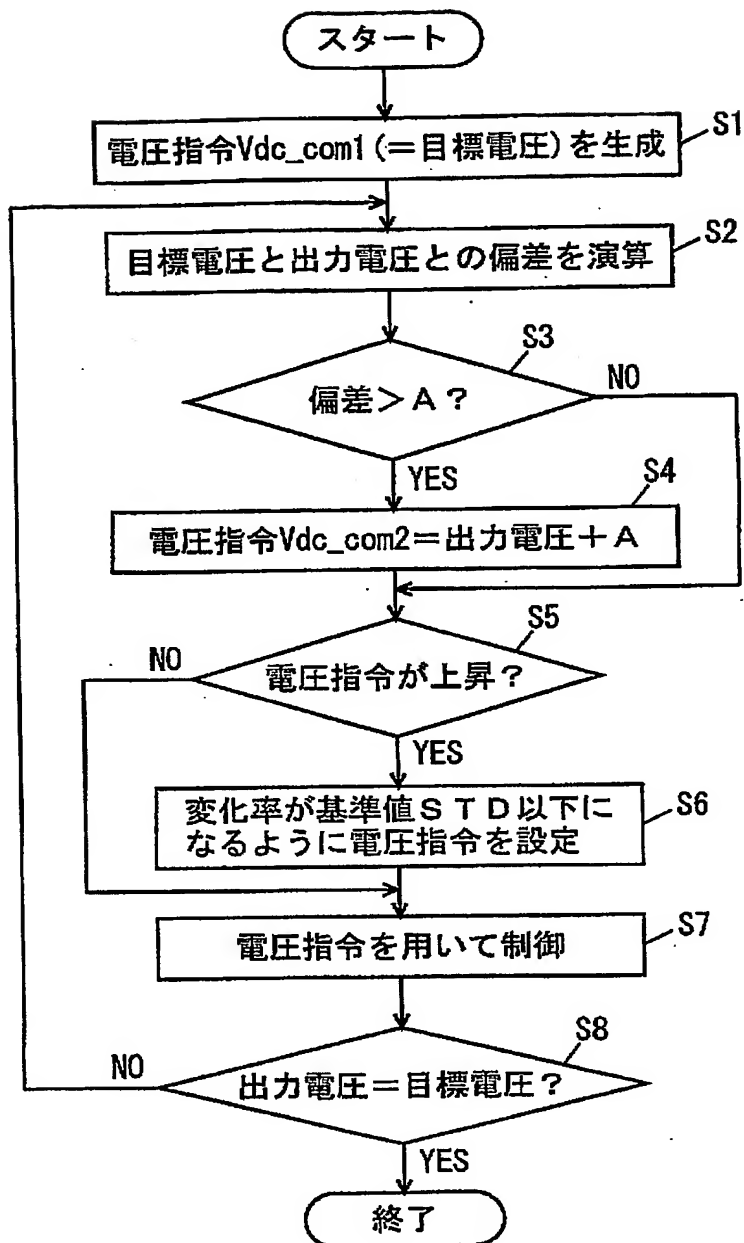
【図 5】



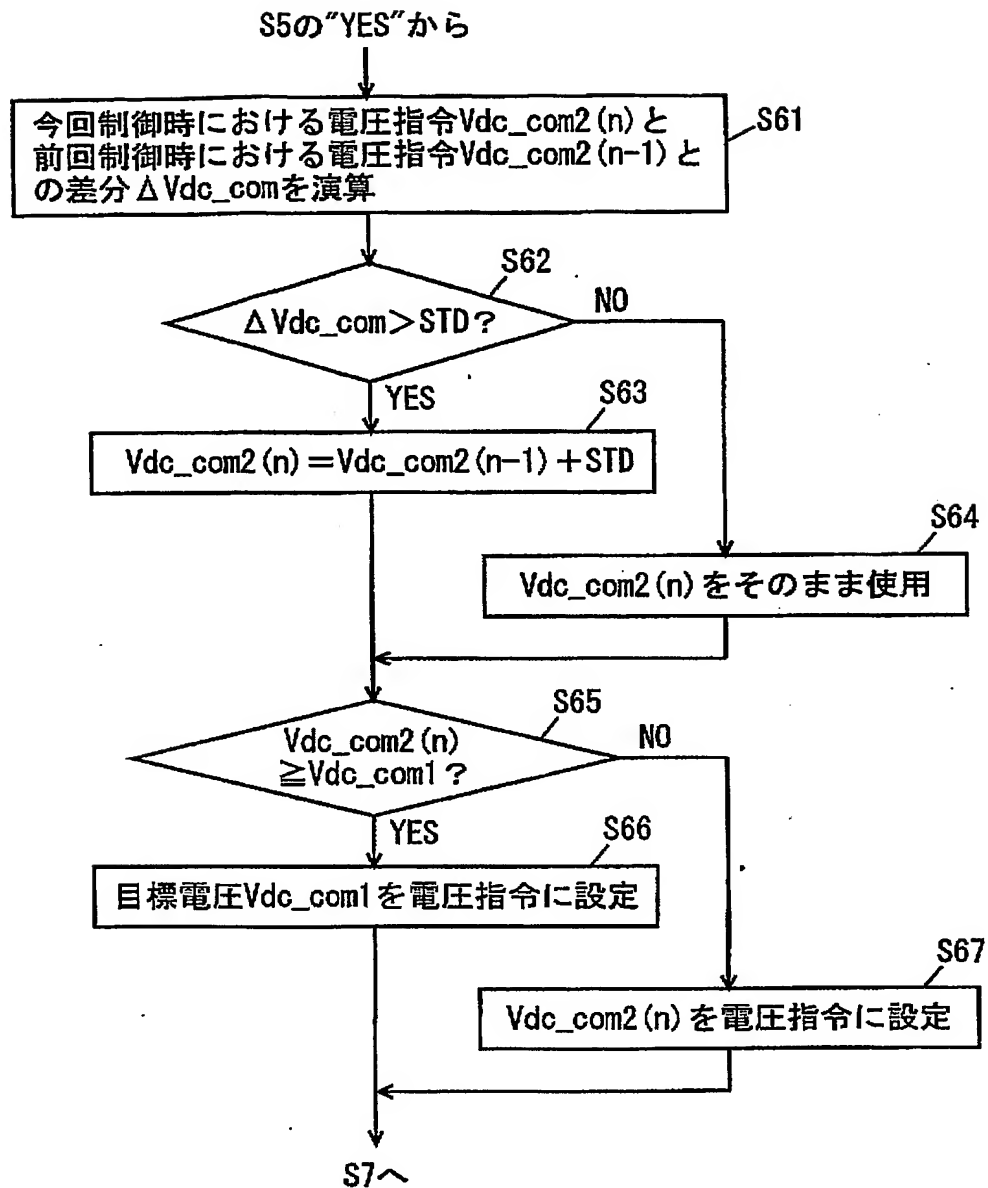
【図 6】



【図 7】

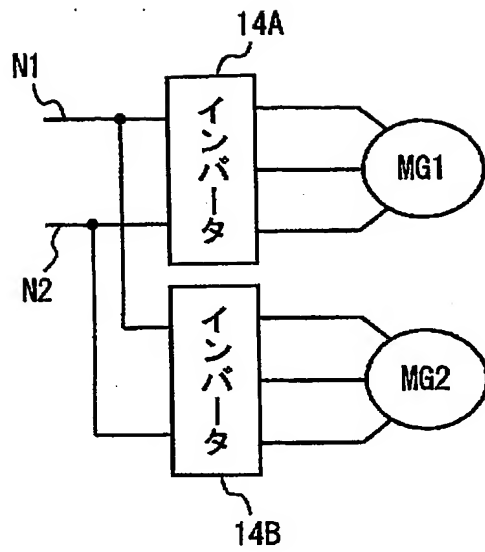


【図 8】

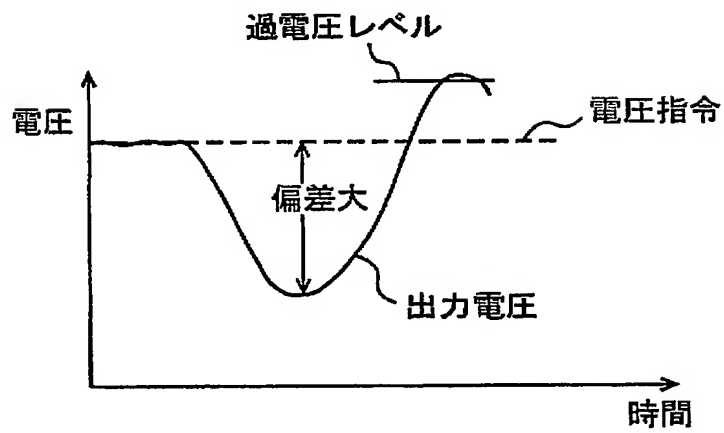




【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 過電圧および過電流の発生を抑制して出力電圧が指令電圧になるように直流電圧を出力電圧に変換する電圧変換装置を提供する。

【解決手段】 目標電圧  $V_{dc\_com1}$  と出力電圧  $V_m$  との偏差が規定値  $A$  よりも大きいとき、出力電圧  $V_m$  に規定値  $A$  を加算して昇圧コンバータの電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が演算される。そして、出力電圧  $V_m$  が低下から上昇へ転じると、変化率が基準値以下になるように電圧指令  $V_{dc\_com2}$  が演算される。そして、演算された電圧指令  $V_{dc\_com2}$  を用いて、出力電圧  $V_m$  が目標電圧  $V_{dc\_com1}$  に一致するように昇圧コンバータがフィードバック制御される。

【選択図】 図5

特願 2 0 0 3 - 2 0 4 8 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社